

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-338650

(43)Date of publication of application : 06.12.1994

(51)Int.Cl.

H01S 3/109

G02B 6/12

G02F 1/37

H01S 3/094

H01S 3/133

(21)Application number : 05-126925

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 28.05.1993

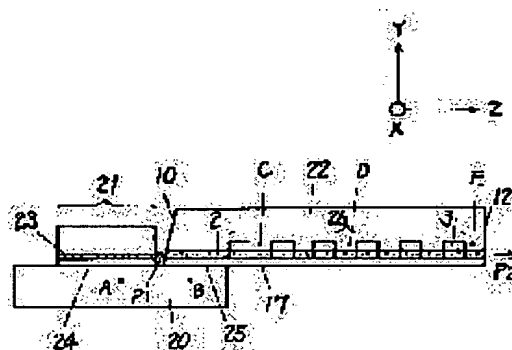
(72)Inventor : YAMAMOTO KAZUHISA
KATO MAKOTO

(54) SHORT-WAVELENGTH LASER BEAM SOURCE

(57)Abstract:

PURPOSE: To make possible an increase of harmonic emission output power and the stabilization of the power by a method wherein the active layer formation surface of a semiconductor laser and the optical waveguide formation surface of an optical wavelength conversion element face a submount and the wavelength conversion part of the optical wavelength conversion element is thermally insulated from heat generated from the laser.

CONSTITUTION: An active layer 23 formation surface 24 of a semiconductor laser 21 and an optical waveguide 2 formation surface 25 of an optical wavelength conversion element 22 face a submount 20. As a wavelength conversion part 26 for converting the fundamental wave into a harmonic is not brought into contact to the submount 20, it is thermally insulated from heat generated from the laser 21. As a result, there is no effect of the heat from the laser 21. When the laser 21 is driven and a semiconductor laser beam emitted from the active layer 23 as a fundamental wave P1 is made to couple directly from an incident surface 10 of the element 22 to the optical waveguide 2, the wave P1 is propagated in a single mode, is converted into a harmonic P2 in the part 26 in the waveguide 2 and a blue laser beam is taken out from an emitting surface 12.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.09.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Patent number]	3129028
[Date of registration]	17.11.2000
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(11)特許出願公開番号

特開平6-338650

(43)公開日 平成6年(1994)12月6日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/109		8934-4M		
G 0 2 B 6/12	A	8106-2K		
G 0 2 F 1/37		9316-2K		
H 0 1 S 3/094				
		8934-4M	H 0 1 S 3/ 094	S
		審査請求 未請求 請求項の数12	OL (全 12 頁)	最終頁に続く

(21)出願番号	特願平5-126925	(71)出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22)出願日	平成5年(1993)5月28日	(72)発明者	山本 和久 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
		(72)発明者	加藤 誠 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
		(74)代理人	弁理士 小鍬治 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 短波長レーザ光源

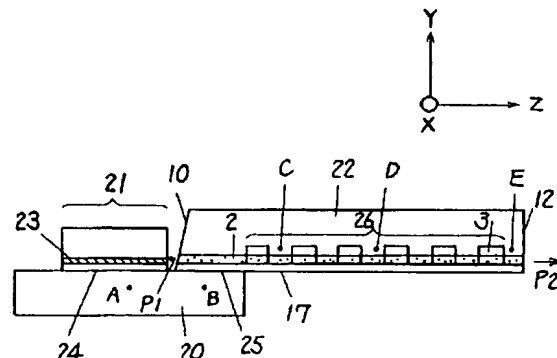
(57)【要約】

【目的】 コンパクトで高出力かつ安定な短波長レーザー光源を提供する。

【構成】 Siサブマウント20上に半導体レーザ21と光導波路2および分極反転層3が形成されたLiTaO₃基板による光波長変換素子22が設置されている。光導波路2に半導体レーザ21からの光が入射し、光導波路2中の波長変換部26で高調波P2へと変換が生じる。この際、波長変換部26はサブマウントとは熱的に遮断されている。

【効果】 半導体レーザの発熱は遮断されており光波長変換素子に伝わることがないため、短波長光源の出力は変わることなく安定な高出力動作が行える。

2 光導波路
3 分極反転層
20 マウント
21 半導体レーザ
22 光波長変換素子
26 波長変換部
P1 基本波
P2 高調波



【特許請求の範囲】

【請求項1】サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面がサブマウントに向き合い、なおかつ光波長変換素子の波長変換部が熱的に半導体レーザの発熱から遮断された構成となることを特徴とする短波長レーザ光源。

【請求項2】サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面がサブマウントに向き合いなおかつ前記光波長変換素子の波長変換部直下のサブマウントには溝またはテーパー部が形成されておりサブマウントと波長変換部が非接触となることを特徴とする短波長レーザ光源。

【請求項3】サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層が形成されている面および光波長変換素子の光導波路形成面が第1のサブマウントに向き合う構成となり、なおかつ前記半導体レーザの活性層が形成されている面と反対面に前記半導体レーザからの熱の放射を行うための第2のサブマウントを有していることを特徴とする短波長レーザ光源。

【請求項4】サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面がサブマウントに向き合いなおかつ前記光波長変換素子の波長変換部が長さ方向にわたって前記半導体レーザから等距離となることを特徴とする短波長レーザ光源。

【請求項5】サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザに対して光波長変換素子が直角に配置されており、なおかつ前記半導体レーザの活性層の形成面がサブマウントに向き合う構成となることを特徴とする短波長レーザ光源。

【請求項6】サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面がサブマウントに向き合い、なおかつサブマウントが窒素でパージされたパッケージ内に固定されており、前記光波長変換素子で発生する高調波は前記パッケージに形成された窓を通して外部に放射されるこ

とを特徴とする短波長レーザ光源。

【請求項7】光波長変換素子として分極反転構造を有することを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の短波長レーザ光源。

【請求項8】サブマウントがSiであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の短波長レーザ光源。

【請求項9】非線形光学効果を有する基板として LiNbO_3 、 $\text{Ta}_{1-x}\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 基板を使用したことを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の短波長レーザ光源。

【請求項10】光波長変換素子の光導波路上に電極または薄膜ヒーターが形成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の短波長レーザ光源。

【請求項11】光波長変換素子の入射部にテーパー光導波路が形成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の短波長レーザ光源。

【請求項12】光波長変換素子の基本波の入射面に基本波に対する反射防止膜が、出射面には基本波および高調波に対する反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の短波長レーザ光源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、コヒーレント光を利用する光情報処理分野または光計測分野に使用する短波長レーザ光源に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図11に従来の短波長レーザの構成図を示す。ここに示される短波長レーザ光源は半導体レーザ21、光波長変換素子22、コリメータレンズ37a、フォーカスレンズ37bおよび半波長板33を基本構成要素としていた(T. Taniuchi and K. Yamamoto, "Miniaturized light source of coherent blue radiation", CLEO'87, WP6, 1987年、参照)。

【0003】光波長変換素子22上に形成された光導波路2の入射面10に半導体レーザ21からの基本波P1をレンズ37a、37bを介して入射させる。この際、レンズ37a、37bの間に挟まれている半波長板33は偏光方向を90度回転させる働きがあり、これにより光導波路2を基本波P1が導波するように偏光方向を一致させることができる。光波長変換素子22は素子マウント38に固定されている。基板中に放射された高調波P2は整形レンズ36により平行光にされビームスプリッタ39で分岐され一部をディテクター27で受光される。ここで用いられている光波長変換素子22はチレンコフ放射型と呼ばれておりこの動作について詳しく述べる。以下0.84μmの波長の基本波に対する高調波発生(波長0.42μm)について詳しく述べる(T. Taniuchi and K. Yamamoto, "Second harmonic generation by Ch

erenkov radiation in proton-exchanged LiNbO₃ optical waveguide", CLEO'86, WR3, 1986年、参照)。

【0004】光波長変換素子となるLiNbO₃基板22に形成された埋め込み型の光導波路2の入射面10に半導体レーザ21からの基本波P1の光を入射すると、基本波の導波モードの実効屈折率N1と高調波の実効屈折率N2が等しくなるような条件が満足されるとき、光導波路2からLiNbO₃基板22内に高調波P2の光が効率良く放射され、光波長変換素子として動作する。このチェレンコフ放射型の光波長変換素子は温度特性に優れているが(半値幅25℃)、反面変換効率はあまり高くない。

【0005】次にさらに小型化された他の従来例である短波長レーザ光源について図12を用いて説明する(山本、谷内、特開昭63-128914、青色レーザ光源および光情報記録装置、参照)。短波長レーザ光源は波長0.84μmの半導体レーザ21と光波長変換素子22をSiサブマウントに固定し直接結合を行っていた。半導体レーザ21の出力P1を100mWにしたとき、2mWの高調波P2(青色レーザ光)が得られていた。この場合の光波長変換素子3での変換効率P1/P2は2%である。しかしながら実用的な5mWを得るにはチェレンコフ放射型では困難であった。又、高調波が基板中に放射されるため集光も困難であった。

【0006】また最近分極反転構造を基本とする高効率光波長変換素子がLiTaO₃のZ板を用いて試作されているが、これによれば10mWの青色光が発生できる。そのため分極反転構造を用いた光波長変換素子を半導体レーザと直接結合すればコンパクトで量産性に富む短波長光源が製造できる。

【0007】以下この光波長変換素子について説明する。図13にこの光波長変換素子の構成を示す。図13に示されるように光波長変換素子22となるLiTaO₃基板に光導波路2が形成され、さらに光導波路2には周期的に分極の反転した層3(分極反転層)が形成されている。基本波と発生する高調波の伝搬定数の不整合を分極反転層3と非分極反転層4の周期構造で補償することにより高効率に高調波を出すことができる。まず、図14を用いて高調波増幅の原理を説明する。分極反転していない非分極反転素子31では分極反転層は形成されておらずに分極反転方向は一方向となっている。この非分極反転素子31では光導波路の進行方向に対して高調波出力31aは増減を繰り返しているだけである。これに対して周期的に分極が反転している分極反転波長変換素子(1次周期)32では出力32aは図14に示されるように光導波路の長さLの2乗に比例して高調波出力は増大する。ただし分極反転において基本波P1に対して高調波P2の出力が得られるのは擬似位相整合するときだけである。この擬似位相整合が成立するのは分極反転層の周期Λ1がλ/(2(N2ω-Nω))に一致すると

きに限られる。ここでNωは基本波(波長λ)の実効屈折率、N2ωは高調波(波長λ/2)の実効屈折率である。このように高出力化が可能な光波長変換素子は分極反転構造を基本構成要素としていた。また、この光波長変換素子は高調波が光導波路から出射されるため集光が容易という特徴もある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記のような直接結合して小型、軽量化した短波長レーザ光源に分極反転構造を有する高効率光波長変換素子を使用して光情報処理等で必要な5mW以上の出力を得ようすると光波長変換素子の温度許容幅の狭さのために高調波を最大に、または安定に取り出すことは困難である。この理由を以下に詳しく説明する。図15に短波長レーザ光源モジュール各点(図12に示される)における温度分布を示す。半導体レーザ21は電力の70%程度を光ではなく熱に変えている。そのため半導体レーザ21自体発熱源となり図15に示すような温度分布が光波長変換素子の長さ方向に対して生じる。光波長変換素子の温度許容幅が3℃しかないために一部分でしか位相整合せず高調波パワーが大幅に低くなる。また半導体レーザ21を点灯してから温度が一定の安定状態になるまで30分という長い時間がかかっていた。そのため短波長レーザ光源の実用レベルである5mW以上の高調波を再現性良くしかも安定に得ることが困難であるという問題点があった。

【0009】本発明は、半導体レーザと光波長変換素子を基本とした短波長レーザ光源の構造に新たな工夫を加えることにより高調波出射パワーの高出力化および安定化を可能とするものである。つまり、本発明は半導体レーザと光波長変換素子を直接結合し高出力でなおかつ安定に動作する短波長レーザ光源を得ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】そのため本発明の短波長レーザ光源はサブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面がサブマウントに向き合い、なおかつ光波長変換素子の波長変換部が熱的に半導体レーザの発熱から遮断されるという手段となる。

【0011】また本発明の短波長レーザ光源は、サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面がサブマウントに向き合いなおかつ前記光波長変換素子の波長変換部直下のサブマウントには溝またはテーパ部が形成されておりサブマウントと波長変換部が非接触となる手段を有する。

【0012】また本発明の短波長レーザ光源は、サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層が形成されている面および光波長変換素子の光導波路形成面が第1のサブマウントに向き合う構成となり、なおかつ前記半導体レーザの活性層が形成されている面と反対面に前記半導体レーザからの熱の放射を行うための第2のサブマウントを有している。

【0013】また、本発明の短波長レーザ光源は、サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面がサブマウントに向き合いなおかつ前記光波長変換素子の波長変換部が長さ方向にわたって前記半導体レーザから等距離となる手段を有する。

【0014】また、本発明の短波長レーザ光源は、サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザに対して光波長変換素子が直角に配置されており、なおかつ前記半導体レーザの活性層の形成面がサブマウントに向き合う構成となる。

【0015】また、本発明の短波長レーザ光源は、サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面がサブマウントに向き合い、なおかつサブマウントが窒素でパージされたパッケージ内に固定されており、前記光波長変換素子で発生する高調波は前記パッケージに形成された窓を通して外部に放射されるという手段を有するものである。

【0016】

【作用】本発明は上記手段により半導体レーザ駆動により発生する熱を光波長変換素子に伝えることなく、光波長変換素子から出射される高調波パワーを安定かつ高効率にできる。以下これを詳しく説明する。半導体レーザは電流を流すと、発振と同時に発熱を始める。この熱はサブマウントに伝わるが光波長変換素子の波長変換部はサブマウントから遮断されているため熱は伝わらず、ほぼ一定温度で動作する。これにより3℃以下の温度許容幅を持つ分極反転構造を持つ光波長変換素子であっても高調波パワーの劣化はない。また、半導体レーザ点灯によるサブマウントの温度上昇の影響を受けず高調波の立ち上がりも速い。

【0017】

【実施例】本発明の短波長レーザ光源の第1の実施例の構造図を図1に示す。この実施例では短波長レーザ光源

として0.8μm帯の半導体レーザ、光波長変換素子としてLiTaO₃基板を用いたもので、図1は短波長レーザ光源の断面図である。図1で20はSiのサブマウント、21は半導体レーザ、22は光波長変換素子である。ここで用いた半導体レーザ21は波長0.86μm、出力100mWのものである。また、光波長変換素子22はLiTaO₃基板に磷酸中でのプロトン交換により周期状分極反転層3および光導波路2を形成したものである。ここで用いたプロトン交換光導波路2は屈折率変化が大きく光の閉じ込めが良く高調波への変換効率が高いという特徴がある。

【0018】本実施例の構成では、半導体レーザ21の活性層23の形成面24および光波長変換素子22の光導波路2の形成面25はサブマウント20に向き合っている。活性層23の形成面24とは活性層23が半導体レーザ21の基板にエピ成長された面であり、また光導波路2の形成面25とは光波長変換素子22にプロトン交換により光導波路2が形成された面のことである。又、半導体レーザ21の活性層23と光導波路2は同軸上にあり半導体レーザ21の基本波P1が光導波路2へ直接結合する構成となっている。

【0019】また基本波を高調波へ変換する波長変換部26はサブマウント21には接触していないため熱的に遮断されている。そのため半導体レーザ21からの熱の影響はない。図1で半導体レーザ21を駆動し基本波P1として活性層23から出射された半導体レーザ光(波長0.86μm)を光波長変換素子22の入射面10より光導波路2に直接結合させると基本波P1はシングルモード伝搬し、光導波路2内の波長変換部26で波長0.43μmの高調波P2に変換され青色レーザ光が出射面12より基板外部に取り出される。

【0020】次にこの短波長レーザ光源の製造方法について説明する。半導体レーザ21を活性層23の形成面24をサブマウント20側に向けてボンディングを行った。半導体レーザ21に電流を流し基本波P1を出射させた後、光導波路2の形成面25をサブマウント20側に向けて光波長変換素子22を半導体レーザ21に押し当て固定を行った。この際、光波長変換素子22の入射面10は光導波路2の形成面25に対して90度以下の角度となっており、半導体レーザ21の出射面と接触して半導体レーザを破壊することはない。また、入射面10での反射による活性層23への戻り光も少なくできる。

【0021】固定の時には、高調波出力P2が最大になるように光波長変換素子22を動かしてX方向のアライメントを行った。従来のレンズ系を用いる短波長レーザ光源ではX、Y、Zの3軸のアライメントが必要であるが、この構成によればX方向のみのアライメントで良い。これは、Z方向は半導体レーザにおしあてられており、またY方向は半導体レーザ21の活性層23と光波

長変換素子22の光導波路2の高さが一致しているためアライメントが必要ないことによる。Y方向に対しては光導波路2にSiO₂保護膜17を付加しこれにより高さを活性層23と合わせた。サブマウント20の表面からの光導波路2の高さは4μmとなっている。

【0022】以上のように作製した短波長レーザ光源において半導体レーザ21を100mWで駆動し7mWの高調波P2(波長0.43μm)を得た。この場合の変換効率は7%である。図2に温度分布を示す。光波長変換素子22の波長変換部26の長さ方向に対する温度差は1℃以内であり効率を劣化させることはない。また立ち上がりも1分以内であり装置として使用する際問題はない。ここで結合効率は76%で基本波が光波長変換素子22に入射した。図1において10は光波長変換素子22の入射面でありSiO₂が反射防止膜として入射面10上に形成されている。これにより基本波P1の光導波路2への結合効率は15%上昇する。また、この反射防止膜により半導体レーザへの戻り光による半導体レーザの不安定動作が防止できる。

【0023】本実施例の短波長レーザ光源の大きさは4×4×10mmと小型になっている。また、光軸ずれを起こす部分がなく極めて温度変化および振動に強い構造となっている。

【0024】次に本発明の第2の実施例の短波長レーザ光源について説明する。図3に実施例2の短波長レーザ光源の構成を示す。この実施例では実施例1の短波長レーザ光源をパッケージ50に封入した。パッケージ50には窒素ガスを入れ外気と遮断した。また高調波P2はコーティングされたガラスによる窓51より外部に取り出される。51は赤外光カットでかつ青色光透過のフィルターの役目も兼ねている。52は石英による光波長変換素子22のささえであり、これにより振動ぶれを防止している。この短波長レーザ光源全体をベルチエによる±1℃の温度制御を行い安定化を図った。これにより周囲の温度変化に対して高調波P2の出力変化はほとんど生じなかった。図4に環境温度に対する高調波出力の関係を示す。また窒素ガスにて封入することで空気中での酸化による反射防止膜等の劣化が防止できる。

【0025】本発明の短波長レーザ光源の第3の実施例の構造図を図5に示す。この実施例では短波長レーザ光源として0.8μm帯の半導体レーザ、光波長変換素子としてLiTaO₃基板を用いたもので、図5は短波長レーザ光源の断面図である。図5で20はSiのサブマウント、21は半導体レーザ、22は光波長変換素子である。ここで用いた半導体レーザ21は波長0.84μm、出力150mWのものである。また、光波長変換素子22はLiTaO₃基板に燐酸中でのプロトン交換により周期状分極反転層3および光導波路2を形成したものである。本実施例の構成では、半導体レーザ21の活性層23の形成面24および光波長変換素子22の光導

波路2の形成面25はサブマウント20に向き合っている。又、半導体レーザ21の活性層23と光導波路2は同軸上にあり半導体レーザ21の基本波P1が直接結合する構成となっている。またサブマウントにはエッチングにより溝が形成されている。基本波を高調波へ変換する波長変換部26は溝8によりサブマウント21には接触していないため熱的に遮断されている。図5で半導体レーザ21を駆動し基本波P1として活性層23から出射された半導体レーザ光(波長0.84μm)を光波長変換素子22の入射面10より光導波路2に直接結合させると基本波P1はシングルモード伝搬し、光導波路2内の波長変換部26で波長0.42μmの高調波P2に変換され青色レーザ光が出射面12より基板外部に取り出される。

【0026】次にこの短波長レーザ光源の製造方法について説明する。まず、Siのサブマウント20を通常のフォトリソセスおよびドライエッチングプロセスにより幅6mm、深さ100μmの溝8を形成した。次に、半導体レーザ21を活性層23の形成面24をサブマウント20側に向けてボンディングを行った。半導体レーザ21に電流を流し基本波P1を出射させた後、光導波路2の形成面25をサブマウント20側に向けて光波長変換素子22を半導体レーザ21に押し当て固定を行った。この際、光波長変換素子22の入射面10は光導波路2の形成面25に対して90度以下の角度となっており、半導体レーザ21の出射面と接触して半導体レーザを破壊することはない。また、入射面10での反射による活性層23への戻り光も少なくできる。また光導波路2上には厚み300nmのTi膜蒸着による薄膜ヒーター15aが形成されており電流を流すことで波長変換部26の温度を一定にしている。この温度が一定になるのは溝によりSiサブマウント20から熱的に遮断されているからである。なお固定の時には、高調波出力P2が最大になるようにX方向のアライメントを行った。Y方向に対しては光導波路2にSiO₂保護膜17を付加しこれにより高さを活性層23と合わせた。

【0027】以上のように作製した短波長レーザ光源において半導体レーザ21を150mWで駆動し10mWの高調波P2(波長0.42μm)を得た。この場合の変換効率は7%である。立ち上がりも10秒以内であり高調波出力も安定していた。薄膜ヒーターが付加されているので立ち上がりがこのように早くなったと考えられる。

【0028】本実施例の短波長レーザ光源の大きさは3×3×12mmと小型になっている。また、光軸ずれを起こす部分がなく極めて温度変化および振動に強い構造となっている。これにより周囲の温度変化に対して高調波P2の出力変化が最小に抑えられる。

【0029】なおサブマウントとして加工性が良く、熱伝導に優れたSiを用いたがこれに限ることはない。

【0030】第4の実施例として本発明の短波長レーザ光源について図6を用いて説明する。本発明の第4の実施例の短波長レーザ光源の構造図を図6に示す。この実施例では短波長レーザ光源として $0.8\mu\text{m}$ 帯の半導体レーザ、光波長変換素子として LiNbO_3 基板を用いたもので、図6は短波長レーザ光源の断面図である。図6で20は石英ガラスによるサブマウント、21は半導体レーザ、22は光波長変換素子である。ここで用いた半導体レーザ21は波長 $0.84\mu\text{m}$ のものである。また、光波長変換素子22は LiNbO_3 基板に磷酸中でのプロトン交換を行い分極反転層3および光導波路2を形成したものである。本実施例の構成では、半導体レーザ2の活性層23の形成面24および光波長変換素子22の光導波路2の形成面25はサブマウント20に向き合っている。又、半導体レーザ21の活性層23と光導波路2は同軸上にあり半導体レーザ21の基本波P1が直接結合する構成となっている。この実施例では半導体レーザ21の放熱用に第2のサブマウント28として銅ブロックが用いられている。このため半導体レーザ21の熱は第2のサブマウント28に逃げ、放熱の悪い石英のサブマウント20側には伝わらない。組立は先に半導体レーザ21の裏面29a（活性層23が形成されている面24の反対面）を第2のサブマウント28にボンディングを行った。次にサブマウント20に固定し、光波長変換素子22を押しあてた。作製されたこの素子の長さは 8mm である。基本波P1として半導体レーザ光（波長 $0.84\mu\text{m}$ ）を入射面10より導波させたとこ

ろシングルモード伝搬し、波長 $0.42\mu\text{m}$ の高調波P2が出射面12より基板外部に取り出された。出射面が基本波および高調波に対してARコートされていることにより高調波の出力が有効に取り出せ15%のアップが図れた。基本波70mWで5mWの高調波（波長 $0.42\mu\text{m}$ ）を得た。また反射光を大幅に減らすことができたため半導体レーザは安定に動作し高調波出力の変動は $\pm 3\%$ 以下であった。

【0031】なお基本波に対してマルチモード伝搬では高調波の出力が不安定で実用的ではない。又、半導体レーザと光波長変換素子の距離が $30\mu\text{m}$ 以上となると結合効率が小さくなり実用的ではない。

【0032】第5の実施例として本発明の短波長レーザ光源について図を用いて説明する。本発明の第5の実施例の短波長レーザ光源の構造図を図7に示す。この実施例では短波長レーザ光源として波長 $0.79\mu\text{m}$ の半導体レーザ、光波長変換素子としてKTP（ KTiOPO_4 ）基板を用いたもので、図7は短波長レーザ光源の断面図である。KTPは光損傷に強いという特徴がある。図7で20はSiのサブマウント、21は半導体レーザ、22は光波長変換素子である。光波長変換素子22の入射面10は研磨により45度の角度が付けられている。また光波長変換素子22は半導体レーザ21に対し垂直に配

置されている。また、光波長変換素子22はKTP基板にイオン交換を行い分極反転層3および光導波路2を形成したものである。半導体レーザ21から出射された基本波P1は入射面10で全反射されて光導波路2に入射する。基本波を高調波へ変換する波長変換部26はサブマウント21には接触していないため熱的に遮断されている。半導体レーザ21を駆動し基本波P1として活性層23から出射された半導体レーザ光（波長 $0.79\mu\text{m}$ ）を光波長変換素子22の入射面10より光導波路2に直接結合させると基本波P1はシングルモード伝搬し、光導波路2内の波長変換部26で波長 $0.395\mu\text{m}$ の紫外の高調波P2に変換され出射面12より基板外部に取り出される。

【0033】次に第6の実施例である本発明のレーザ光源の構成を図8を用いて説明する。図8に本発明の短波長レーザ光源の構成図を示す。レーザ光源は基本的にはSiサブマウント20と半導体レーザ21と光導波路が形成された光波長変換素子22により構成される。また、光波長変換素子22の光導波路2上には Ta_2O_5 によるグレーティング7が形成されている。サブマウント20に固定された半導体レーザ21から出射された光P1は直接光導波路2に導入される。入力部にはテーバ光導波路9が形成されておりアライメントの尤度を向上させている。放熱対策としてSiサブマウントは斜めに削られている。これにより波長変換部26に熱が伝わることはない。

【0034】光導波路2に入った基本波P1はグレーティング7により一部が反射され半導体レーザに帰還される。そのため半導体レーザはグレーティング7の周期と基板の屈折率で決まる波長に固定され発振する。

【0035】光導波路2はピロ磷酸中でのプロトン交換により作製した。以下基板への分極反転層、光導波路およびグレーティング作製方法について説明する。最初に分極反転層3を形成する。 LiTaO_3 基板にTaを厚み20nm、スパッタ蒸着した後、通常のフォトリソプロセスとドライエッチングを用いてTaを周期状にパターンニングする。Taによるパターンが形成された LiTaO_3 基板をピロ磷酸中で 260°C 、20分間浸し、プロトン交換を行いプロトン交換層を形成する。その後、 540°C の温度で20秒間熱処理する。これにより厚み $2\mu\text{m}$ の周期状の分極反転層が形成される。次にテーバ光導波路9を形成する。 LiTaO_3 基板にTaを厚み20nm、スパッタ蒸着した後、通常のフォトリソプロセスとドライエッチングを用いてTaをパターンニングする。テーバ光導波路を形成するため、Taによるパターンが形成された LiTaO_3 基板の一部をピロ磷酸中で 260°C 、50分間浸し、プロトン交換を行い、スリット直下に厚み $1.2\mu\text{m}$ のテーバ光導波路となるプロトン交換層を形成する。その後、 420°C の温度で20分間熱処理する。これにより厚み $5\mu\text{m}$ のテーバ光導波路が形成される。さらに光導波路2を形成するために、ピロ磷酸中で 260°C 、1

2分間プロトン交換を行い、スリット直下に厚み $0.5\mu\text{m}$ のプロトン交換層を形成した後、 420°C の温度で1分間熱処理する。次に Ta_2O_5 を膜として 30nm の厚みで形成する。次にフォトリソとドライエッチングを用いて Ta_2O_5 の周期的パターンを形成する。これがグレーティング7となる。グレーティングの周期は $0.8\mu\text{m}$ であり、1次周期 $0.2\mu\text{m}$ の4倍を用いている。このように周期は1次周期の整数倍であれば用いることができる。最後に研磨により入出射面を形成する。光導波路2は厚みは $1.9\mu\text{m}$ 、長さは 5mm である。また、グレーティングの反射率は10%である。この程度の反射量で充分波長安定化が図れる。

【0036】次に長さ 10mm のSiによるサブマウント20上に半導体レーザ21の活性層23側を下にしてボンディングする。サブマウント20は研磨により一部テーパ状に加工されている。リード線を付けて半導体レーザを光らせながら、光導波路が形成された光波長変換素子22を光導波路から出射する基本波P1が最大になるところで接着する。以上の工程により、コンパクトな短波長レーザ光源が作製できた。基本波 50mW で 5mW の高調波(波長 $0.42\mu\text{m}$)を得た。またグレーティングで半導体レーザの波長はロックされているので安定に動作し高調波出力の変動は $\pm 1\%$ 以下であった。

【0037】なお、光入射方法としては直接結合以外にもレンズを介した構成でも良い。また、Siをサブマウントとして用いたがCuやC等他の熱電導の良い材料であれば良い。また、実施例では結晶として LiNbO_3 および LiTaO_3 を用いたが KNbO_3 等の強誘電体、MNA等の有機非線形材料にも適用可能である。

【0038】次に第7の実施例として本発明の短波長レーザ光源を光情報記録装置に組み込み光ディスクの読み取りに応用した例について説明する。図9にその構成を示す。本実施例では光情報記録装置は短波長レーザ光源、レンズ、偏光ビームスプリッタおよび受光器により構成されている。短波長レーザ光源60内で半導体レーザ21から出た基本波P1は光波長変換素子22で高調波P2に変換され高調波P2である青色レーザ光として外部に放射される。この青色レーザ光P2をレンズ40により平行光とする。この平行光にされた高調波P2は偏光ビームスプリッタ41を通過後、フォーカシングレンズ42で集光され光ディスク43上に $0.6\mu\text{m}$ のスポットを結ぶ。この反射信号は再び偏光ビームスプリッタ41を通過後、受光器45に入射する。短波長レーザ光源60にて 2mW の青色レーザ光P2が放射され、これが光ディスクの読み取りに使用された。また駆動電流を増加し 10mW の青色レーザ光で書き込みが行われた。ここで短波長レーザ光源は振動、温度変化に強く安定に動作した。

【0039】第8の実施例として本発明の短波長レーザ光源について図10を用いて説明する。本発明の第8の

実施例の短波長レーザ光源の構造図を図10に示す。この実施例では短波長レーザ光源として $0.8\mu\text{m}$ 帯の半導体レーザ、光波長変換素子として LiTaO_3 基板を用いたもので、図10は短波長レーザ光源の光導波路の中心で光導波路形成面に平行に切った断面図である。21は半導体レーザ、22は光波長変換素子、2は光導波路、26は波長変換部である。波長変換部26は曲がり光導波路で構成されており、発熱源である半導体レーザ21から同心円上にあり温度は一定となっている。そのため高調波への変換は安定に行うことができる。

【0040】なお分極反転構造を用いると実施例で示したような高効率、高出力の短波長光が発生できる。欠点である温度許容幅の狭さに対しては本発明のように半導体レーザと熱的に遮断することで解決できる。

【0041】このように本発明の短波長レーザ光源を用いることで従来使用していた $0.8\mu\text{m}$ 帯の半導体レーザを用いた光情報記録装置の読み取り系に比べて半分のスポットに絞ることができ光情報記録装置の記録密度を従来の4倍に向上することができる。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように本発明の短波長レーザ光源によれば半導体レーザと高効率光波長変換素子をレンズを介さず直接結合させることで大幅な結合効率の向上が図れ、その際半導体レーザからの発熱が光波長変換素子の波長変換部に伝わるのを防ぎ、短波長レーザ光源の出力および安定度が大幅に向上する。さらに、立ち上がり特性も優れたものとなりその工業的価値は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の短波長レーザ光源の第1の実施例の構造図である。

【図2】本発明の短波長レーザ光源の温度分布図である。

【図3】本発明の短波長レーザ光源の第2の実施例の構造図である。

【図4】本発明の短波長レーザ光源の環境温度と高調波出力の特性図である。

【図5】本発明の短波長レーザ光源の第3の実施例の構造図である。

【図6】本発明の短波長レーザ光源の第4の実施例の構造図である。

【図7】本発明の短波長レーザ光源の第5の実施例の構造図である。

【図8】本発明の短波長レーザ光源の第6の実施例の構造図である。

【図9】本発明の第7の実施例の光情報処理装置の構成図である。

【図10】本発明の短波長レーザ光源の第8の実施例の構造図である。

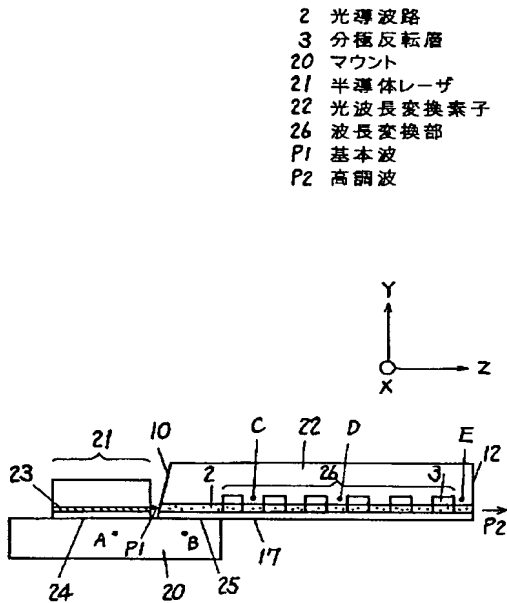
【図11】従来の短波長レーザ光源の構成図である。

【図12】従来の短波長レーザー光源の構成図である。
 【図13】従来の光波長変換素子の構成図である。
 【図14】高調波増幅の原理を説明する図である。
 【図15】従来の短波長レーザー光源の温度分布図である。

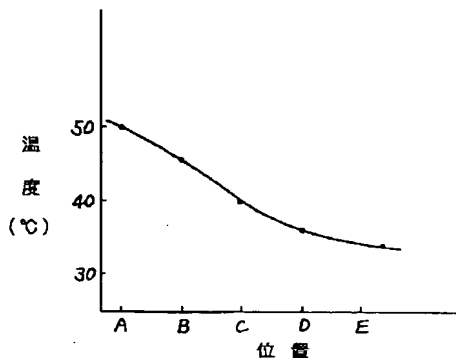
【符号の説明】

- 2 光導波路
- 3 分極反転層
- 4 非分極反転層
- 7 グレーティング
- 8 溝
- 9 テーパ光導波路
- 10 入射面
- 12 出射面

【図1】

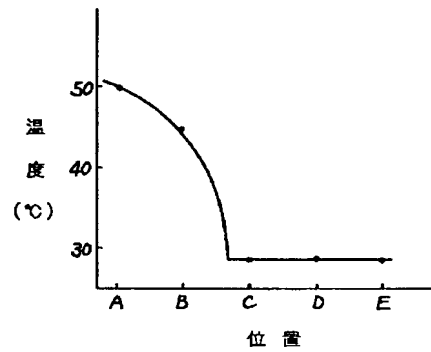


【図15】



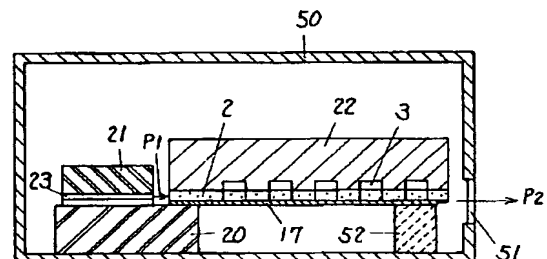
- * 15 電極
- 15 a 薄膜ヒーター
- 17 保護膜
- 20 サブマウント
- 21 半導体レーザ
- 22 光波長変換素子
- 23 活性層
- 26 波長変換部
- 40、42、44 レンズ
- 10 41 ビームスプリッター
- 45 Siディテクター
- 50 パッケージ
- 51 窓
- * 60 短波長レーザー光源

【図2】

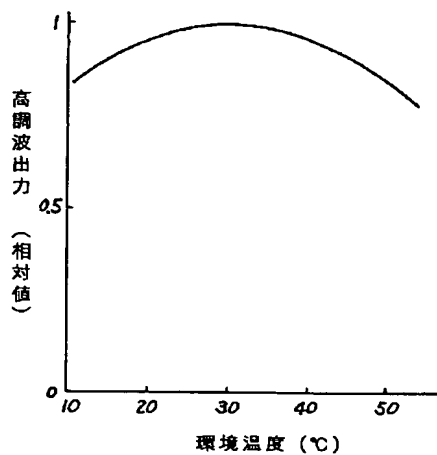


【図3】

- 20 マウント
- 21 半導体レーザ
- 22 光波長変換素子
- 50 パッケージ
- 51 窓
- P1 基本波
- P2 高調波

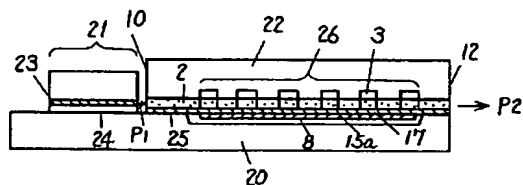


【図4】



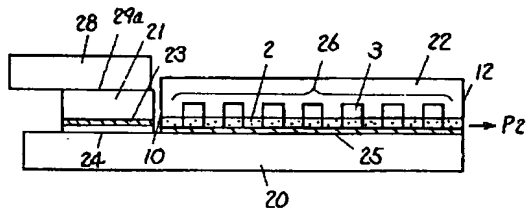
【図5】

- 2 光導波路
- 3 分極反転層
- 8 溝
- 15a 薄膜ヒーター
- 21 半導体レーザ
- 22 光波長変換素子
- 26 波長変換部
- P1 基本波
- P2 高周波



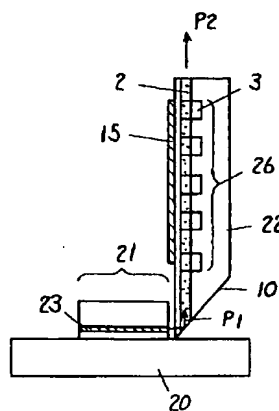
【図6】

- 2 光導波路
- 3 分極反転層
- 20 サブマウント
- 21 半導体レーザ
- 22 光波長変換素子
- 26 波長変換部
- 28 第2のサブマウント
- P1 基本波
- P2 高周波

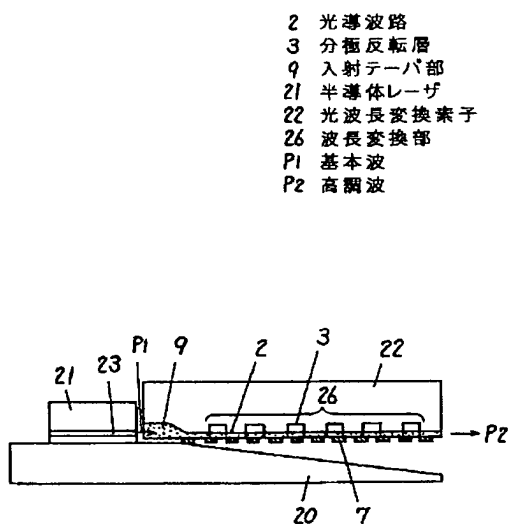


【図7】

- 2 光導波路
- 3 分極反転層
- 15 電極
- 20 サブマウント
- 22 光波長変換素子
- 26 波長変換部

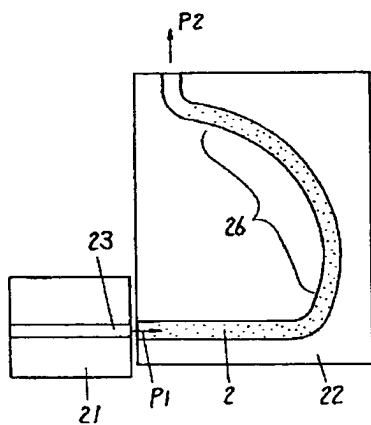


【図8】



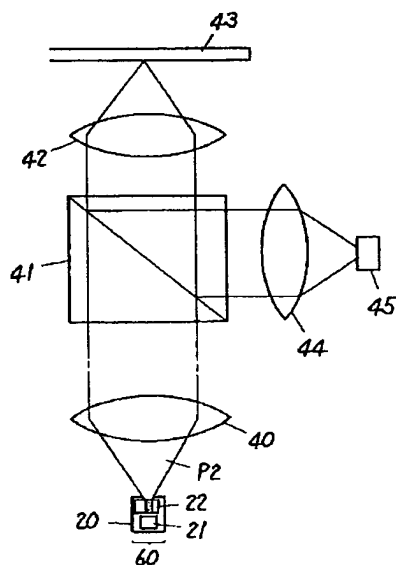
【図10】

2 光導波路
21 半導体レーザー
22 光波長変換素子
26 波長変換部
P1 基本波
P2 高調波



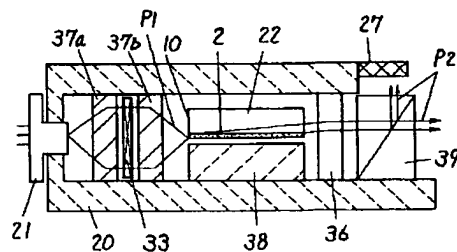
【図9】

20 Siサブマウント
21 半導体レーザー
22 光導波路が形成された基板
40, 42, 44 レンズ
41 ビームスプリッター
45 Siディテクター
P2 高調波



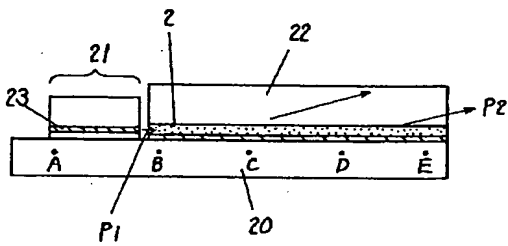
【図11】

10 入射面
20 マウント
21 半導体レーザー
22 光波長変換素子
27 デテクター
33 半波長板
36 整形レンズ
37a コリメータレンズ
37b フォーカスレンズ
38 素子用マウント
39 ビームスプリッタ
P2 高調波



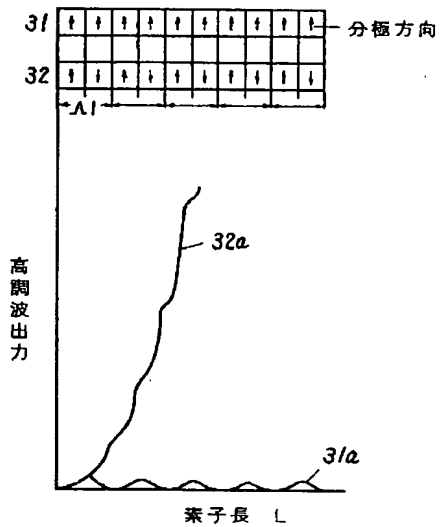
【図12】

- 2 光導波路
- 20 サブマウント
- 21 半導体レーザ
- 22 光波長変換素子
- P1 基本波
- P2 高調波



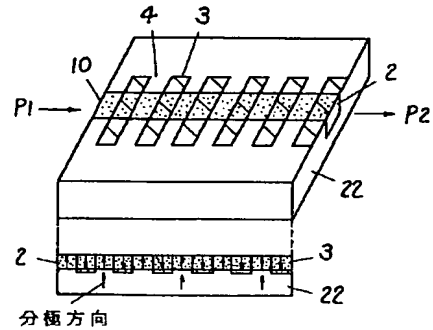
【図14】

- 31 非分極反転素子
- 31a 分極反転していない場合の
高調波出力
- 32 分極反転波長変換素子
(1次周期)
- 32a 分極反転している場合の
高調波出力 (1次周期)



【図13】

- 2 光導波路
- 3 分極反転層
- 4 非分極反転層
- 22 光波長変換素子
- P1 基本波
- P2 高調波



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁵

H01S 3/133

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所